

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Серед численних антропогенних та природних чинників, які шкідливо впливають на біоценози та на людину, важливим залишається радіоактивне забруднення [Коггл Дж., 1986; Гродзинський Д.М., 2000; Кравець О.П. та ін., 2003]. Результати багатьох радіологічних досліджень свідчать, що значну небезпеку для людини створюють малі дози іонізуючого випромінювання [Muller H., 1993; Руднев М.І., 1997; Бурлакова Е.Б., 1997; Гродзинський Д.М., 2000].

Ядерна енергетика в Україні має стратегічно важливе значення: АЕС виробляють майже 50% електроенергії в країні. В той же час, як свідчать численні радіоекологічні дослідження навколо АЕС, діяльність їх помітно впливає на радіаційний стан прилеглих до них територій [Бабаєв Н.С. і др. 1984; Алексахин Р.М. і др., 1990; Трапезников А.В. і др., 1994]. Виключно-го значення набувають аварійні ситуації, які супроводжуються надходженням радіоактивних речовин в навколишнє середовище. Масштабність небезпеки такої ситуації постала під час і після аварії на Чорнобильській АЕС. Тому сьогодні, в разі подальшого існування і розвитку ядерної енергетики в Україні, все більшого значення набувають проблеми радіаційної безпеки і надійності АЕС [Ильин Е.П. і др., 1989; Гофман Д., 1994; Карачов І.І., 2000; Конопля Е.Ф., 2003].

Внаслідок надходження радіонуклідів у навколишнє середовище в процесі виробництва ядерної енергії дослідження міграції радіонуклідів у водних екосистемах залишаються надзвичайно актуальними. На особливу увагу заслуговують дослідження з вивчення поведінки радіонуклідів у водних екосистемах, які гідродинамічно пов'язані зі ставками-охолоджувачами та іншими технологічними водоймищами АЕС, з яких "станційні" (ті, які надходять у довкілля з технологічними скидами та викидами АЕС) радіонукліди можуть переходити у річкові і зрошувальні системи.

Матеріали радіологічних досліджень, проведених різними науковими установами на півдні України, показують, що в цьому регіоні існує чимало антропогенних і природних радіаційних факторів, які впливають на навколишнє середовище і здоров'я людини [Винцукевич Н.В. і др., 1983, 1996; Полікарпов Г.Г. та ін., 1987; Лазоренко Г.Е. і др., 1994; Григор'єва Л.І. та ін., 2000, 2006].

Аварійний чорнобильський викид пройшов по території південного регіону, в основному по північно-західній його частині, внаслідок чого створились окремі ділянки з підвищеним вмістом  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у ґрунті. Більша частина цих ділянок розташована в балках, на схилах вздовж річок. В подальшому "аварійні" радіонукліди з цих ділянок, як і з усіх забруднених територій водозбору Дніпра і Південного Бугу, продовжують надходити у ці річки [Дворецкий Л.И. і др., 1985; Войцехович О.В. і др., 1994; Егоров В.Н.

и др., 1994; Сердюк А.М. и др., 2000; Каглян О.Е. та ін., 2004; Григор'єва Л.І. та ін., 2005].

На сьогодні існує ряд робіт, які присвячено радіоекології водних екосистем [Тимофеева-Ресовская Е.А., 1963; Куликов Н.В. и др., 1987, 1988; Алексахин Р.М. и др., 1990; Трапезников А.В. и др., 1994], в тому числі і водних екосистем півдня України [Полікарпов Г.Г., 1987; Лазоренко Г.Е. и др., 1994; Кутлахмедов Ю.А. и др., 1994; Кузьменко М.И. и др., 2001; Гудков Д.І., 2006]. Значно менше робіт присвячено радіоекології водних екосистем, що складаються з технологічних водоймищ АЕС, річкових і зрошувальних систем, зокрема водним системам в районах Південно-Української (ПУ АЕС) і Запорізької (ЗАЕС) атомних електростанцій [Винцукевич Н.В. и др., 1986; Гудков Д.И. и др., 1995; Григор'єва Л.І. та ін., 2006].

Відомо, що радіонукліди після надходження у водоймища поглинаються їх компонентами, в результаті чого їхні концентрації у воді значно знижуються, у той же час вміст радіонуклідів у водяній рослинності, в донних відкладеннях, в рибі може зрости у тисячі і десятки тисяч разів. При цьому хімічні речовини, *pH* води та інші фактори можуть суттєво впливати на цей процес [Винцукевич Н.В. и др., 1984, 1996; Гурович В.В. и др., 2003; Кутлахмедов Ю.О. та ін., 2003; Кузьменко М.І. та ін., 2001; Гудков Д.І., 2006].

Через це, знаючи основні параметри динаміки формування радіаційної ситуації та розподілу радіонуклідів у компонентах цих гідросистем, можна з достатньою ймовірністю визначити розмір і скласти прогноз радіоактивного забруднення водної екосистеми і у разі необхідності задіяти комплекс контрзаходів зі зниження існуючого рівня забруднення водного об'єкта, що, відповідно, сприятиме зменшенню дозового навантаження на людину водним шляхом.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана відповідно до тем державних програм: “Радиационная обстановка в месте расположения Крымской АЭС в предпусковой период” (НДІ біофізики МОЗ СРСР № 87016-88), “Влияние природных условий в районах расположения Чернобыльской (до аварии), Южно-Украинской и Запорожской АЭС на содержания  $^{131}\text{I}$  та  $^{137}\text{Cs}$  в молоке и обоснование допустимых концентраций радионуклидов в воде, используемой для полива сельхозугодий” (НДІ біофізики СРСР № 52-1/80 від 15.07.85), “Обоснование предельно допустимых концентраций  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в воде, забираемой из р. Днепр на орошение” (НДІ біофізики МОЗ СРСР № 4Н-1-91-2), “Изучение возможности дозовых нагрузок на население за счет жидких отходов АЭС, удаляемых в водоемы, используемые для орошения сельхозугодий” (НДІ біофізики МОЗ СРСР № 80011-86), “Вынос радионуклидов в Черное море с водами р. Днепр через Днепро-Бугский лиман и оросительные системы, питающиеся из р. Днепр” (Інститут біології південних морів НАН

України №16/217-94), “Оценка радионуклидного воздействия на население, проживающего на территориях, подвергшихся загрязнению Чернобыльским выбросом” (Науковий гігієнічний центр МОЗ України № 55/44-1113-92), “Использование радиоэкологического состояния оросительных систем юга Украины” (НДІ гідротехніки та меліорації ААН України № 28-117-94), “Оценка вклада водного пути миграции радионуклидов по пищевой цепи в формировании доз облучения населения бассейна р. Днепр” (Науковий гігієнічний центр МОЗ України № 643-26-94), “Екологічна програма Миколаївщини на період 1996-2000 рр.”, затверджена рішенням ІХ сесії обласної Ради від 25.10.1996 р. №2 (пункт 9.2. “Визначення розмірів надходження  $^{90}\text{Sr}$  з дніпровською водою на зрошувані землі”, пункт 9.4. “Оцінка впливу на людину та зовнішнє середовище  $^3\text{H}$ , що надходить з рідкими скидами Південно-Української АЕС”).

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи – визначення характерних рис радіоекологічного стану та параметрів розподілу і накопичення радіонуклідів компонентами водойм водних систем південного регіону України, до яких належать південні частини річок Дніпро і Південний Буг, технологічні водоймища Запорізької та Південно-Української АЕС і основні зрошувальні системи регіону; розробка методології управління радіоємністю водоймищ для зниження їх радіоактивного забруднення.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити такі завдання:

- визначити характерні риси формування радіаційного стану в обстежених водних екосистемах;
- визначити параметри поглинання і перерозподілу  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$  компонентами водойм (донними відкладеннями, водними рослинами, рибою);
- визначити особливості міграції радіонуклідів у природно-техногенних водоймах регіону;
- визначити розміри переходу “станційних” радіонуклідів зі зрошувальної води у сільськогосподарські культури (в умовах натурального експерименту);
- розробити методологію управління радіоємністю водоймища для зниження його радіоактивного забруднення і відповідно всієї водної екосистеми.

*Об’єкт дослідження.* Шляхи та фактори формування радіаційного стану в основних водних екосистемах південного регіону України, що включають південні райони річок Дніпро, Південний Буг, головні зрошувальні системи, які живляться з цих річок, та технологічні водоймища АЕС; міграція штучних радіонуклідів у компонентах водних екосистем, рівень переходу техногенних радіонуклідів зі зрошувальної води у сільськогосподарські культури.

*Предмет дослідження.* Основні компоненти водних екосистем (вода,

донні відкладення, водяні рослини, риба), зрошувальна вода, сільськогосподарські культури зрошуваних масивів.

*Методи дослідження.* Радіоекологічні та гідробіологічні методи польових досліджень, методи підготовки (обробки) проб, радіохімічні, радіометричні та спектрометричні методи вимірювання питомої активності радіонуклідів у пробах, інструментальні, математичні та комп'ютерні методи розрахунку вмісту радіонуклідів, параметрів їх розподілу і накопичення компонентами водних екосистем, математично-статистичні методи аналізу результатів.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що запропоновано новий підхід в радіоекології – радіоекологія та радіаційна безпека водних екосистем районів розташування АЕС, які включають технологічні водоймища АЕС, річкові системи та зрошувальні системи, які живляться з цих річок. Розроблено методологію управління радіємністю водоймища з комплексом дезактиваційних заходів і технологій по зниженню його радіоактивного забруднення. Вперше для водних екосистем південного регіону України встановлено:

- шляхи і характерні риси формування радіоекологічної ситуації водних екосистем: південних частин річок Південний Буг і Дніпро, головні зрошувальні системи регіону (Ингулецька, Південно-Бузька, Білоусівська, Каховська і Краснознаменська) та ставки-охолоджувачі Південно-Української і Запорізької АЕС;
- розмір накопичення  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$  донними відкладеннями, водяними рослинами і рибою основних водоймищ водних екосистем регіону;
- динаміку депонування  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$  донними відкладеннями і водяними рослинами прилеглих до Південно-Української АЕС річкових екосистем (річки Арбузинка і Мертвовод);
- розподіл активностей  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$  у компонентах ставка-охолоджувача Південно-Української АЕС і р. Південний Буг;
- розподіл активностей  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{106}\text{Ru}$  в донному ґрунті ставка-охолоджувача Південно-Української АЕС;
- радіємність ставка-охолоджувача Південно-Української АЕС (вода і донні відкладення) для кожного “станційного” радіонукліда;
- динаміку сезонного коливання концентрації  $^{90}\text{Sr}$  у річковій воді пониззя Дніпра;
- динаміку активності  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$  у воді р. Південний Буг на ділянці скиду води зі ставка-охолоджувача Південно-Української АЕС;
- розподіл радіонуклідів між органами і тканинами риби та співвідношення вмісту радіонуклідів у рибі (м'язи) та компонентах річок Дніпро і Південний Буг у перші місяці і віддалений період Чорнобильської катастрофи;
- динаміку вмісту  $^3\text{H}$  у воді підземного водоносного горизонту в районі ПУ АЕС (8-10 км від ГФК АЕС);

- динаміку активностей  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$  у зрошувальній воді головних зрошувальних систем південного регіону;
- величини переходу “станційних” радіонуклідів зі зрошувальної води у сільськогосподарські культури на території Інгулецького зрошуваного масиву.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати роботи використані при розробці та підготовці:

- “Временных рекомендаций по контрольным (допустимым) концентрациям радионуклидов в воде, используемой для полива сельскохозяйственных в районах АЭС” (затверджено МОЗ СРСР 14.01.88 р. і МОЗ України 16.02.88 р. № 050606 - 72);
- “Рекомендаций по расчету уровней возможного поступления радионуклидов населению с продуктами питания, полученных на поливных угодьях при использовании воды водоема-охладителя АЭС для нужд орошения” (затверджено МОЗ СРСР 09.01.86 р. і МОЗ України 16.12.88 р. за № 050606 -72);
- “Заключения МЗ Украины на реализацию рыбы, выловленной из Киевского водохранилища в мае-июне 1986 г.”;
- “Допустимых и рабочих сбросов жидких радиоактивных веществ в водную систему района ЮУ АЭС” (затверджено МОЗ СРСР 29.03.1988 р. за № 032755-88);
- “Плана мероприятий по обеспечению г. Николаева питьевой водой при повышении концентраций радиоактивных веществ в р. Днепр” (Рішення Миколаївської обласної комісії з надзвичайних ситуацій 27.09.1991 р., протокол №18);
- “Заключения экспертной комиссии по проведению государственной экологической экспертизы проекта Ташлыкской ГАЭС” (№6-8/656 від 25.08.1992 р.);
- “Висновку державної санітарно-гігієнічної експертизи на проектні матеріали «Южно-Украинский энергокомплекс, Ташлыкская ГАЭС. Уточненный проект». Укргідропроєкт, Харків, 1991р., МОЗ України, №В489 від 02.12.1997 р.);
- “Рішення Миколаївської обласної Ради і ПУ АЕС про припинення у 1993 році скиду рідких промислово-побутових відходів ПУ АЕС у р. Арбузинку і перенесення цього скиду у ставок-охолоджувач АЕС”.

Результати досліджень дозволяють обґрунтовано вирішувати питання регламентації вмісту “станційних” радіонуклідів у технологічних водоймищах АЕС і в прилеглих до АЕС річкових екосистемах, визначати види і обсяг водокористування в районах АЕС; встановлені математичні моделі розподілу та співвідношень радіонуклідів у компонентах водойм є основою для проведення оцінки радіоекологічного стану водних екосистем

і складання прогнозу радіаційної ситуації. Розроблена методологія управління радіємністю водоймища дозволяє за допомогою запропонованих заходів і технологій регулювати розподіл активностей радіонуклідів у водоймах та вилучати їх з водоймища, а також змінювати радіаційний стан ландшафтів, прилеглих до водоймищ.

Матеріали досліджень використані при підготовці навчального посібника “Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище” [Григор’єва Л.І., Томілін Ю.А., 2005] у викладанні курсів лекцій з дисциплін “Моніторинг навколишнього середовища”, “Радіобіологія”, “Радіоекологія”, “Нормування антропогенного навантаження” на факультеті еколого-медичних наук МДГУ імені Петра Могили.

**Особистий внесок здобувача.** Автор особисто провів аналіз наукової літератури за темою роботи, оволодів аналітичними методами визначення вмісту радіонуклідів в об’єктах навколишнього середовища і запропонував ряд раціональних пропозицій щодо їх вдосконалення. Організував і проводив відбір, підготовку проб, брав активну участь у радіохімічних, радіометричних і гамма-спектрометричних вимірюваннях проб. Організував і безпосередньо брав участь в експериментальних натурних дослідженнях зі встановлення коефіцієнтів переходу “станційних” радіонуклідів зі зрошувальної води у сільськогосподарські культури та у дослідженнях з використання водяних рослин у очищенні води ставка-охолоджувача ПУ АЕС від радіоактивних речовин. Автором здійснено аналіз, інтерпретацію та узагальнення отриманих результатів.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень за темою дисертації були висвітлені на: загальносоюзній науковій конференції “Актуальные вопросы радиационной гигиены” (Обнинск, 1990); міжнародній науковій конференції “Оросительная мелиорация: развитие, эффективность и проблемы” (Херсон, 1993); міжнародній науково-практичній конференції “Радиационно-экологические и медицинские аспекты последствий аварии на Чернобыльской АЭС” (Київ, 1993); II науково-практичній конференції “Рациональное природопользование: системный анализ в экологии” (Севастополь, 1996); науково-практичній конференції з радіаційної гігієни (Київ, 2000); науково-методичних конференціях “Людина та навколишнє середовище” (Одеса, 2000, 2002); науково-практичних конференціях “Могилянські читання” (Миколаїв, 2000-2002); міжнародних науково-практичних конференціях “Біологічні читання” (Миколаїв, 2003-2006); міжнародних наукових конференціях “Фальцфейнівські читання” (Херсон, 2001, 2003-2005); міжнародній науково-практичній конференції “Наука і освіта” (Дніпропетровськ, 2003); III з’їзді з радіаційних досліджень: радіобіологія і радіоекологія (Київ, 2003); міжнародній науковій конференції “Оценка риска низкодозовой радиации” (Москва, 2006); міжнародній науковій конференції “Ольвійський форум” (Ялта, 2006); 35-му з’їзді Євро-

пейського товариства радіаційних досліджень European radiation research 2006 (Київ, 2006); Conference PM 2000: Particulate Matter and Health (Charleston, USA, 2000); International congress on the radioecology-ecotoxicology of continental and estuarine environments (France, 2001).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 1 монографію, 24 роботи у фахових виданнях, 34 тези доповідей у матеріалах вітчизняних і міжнародних симпозіумів, конференцій, з'їздів та конгресів, 2 методичні рекомендації (інструкції) МОЗ України.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів та методів дослідження, результатів власних досліджень та їх обговорення, висновків, списку використаної літератури, що включає 225 джерел. Текст дисертації викладено на 319 сторінках, ілюстровано 88 таблицями та 56 рисунками.